УДК 621.314

В.В. Грабко д.т.н., проф., С.М. Левицький к.т.н., доц., В.С. Бомбик асп.

Система керування мережевим багаторівневим інвертором напруги

Для формування вихідної змінної напруги в якості узгоджувальних пристроїв значну популярність здобули багаторівневі мережеві інвертори напруги (БМІН), що виготовляються серійно [1]. Для низьковольтних мереж 0,4 кВ, які наближені до споживача необхідно адаптувати систему керування БМІН до вимог більш актуальних для споживача, а це підтримання необхідних графіків напруги та частоти, тобто параметрів якості електроенергії. Тому існує необхідність синтезу закону керування БМІН при роботі з сонячним модулем, який враховує параметри інвертора, мережі, та сонячного модуля, що дозволяє оптимізувати роботу останнього.

В системах векторного керування інверторами використовується приведення трифазної системи струмів інвертора до ортогональної d-q-системи координат. При цьому вихідна напруга на виході інвертора відповідно встановлюється пропорційною до поздовжньої складової струму I_d, а вихідна потужність забезпечується відповідним значенням поперечної складової I_q. При узгодженні роботи інвертора з мережею для відслідковування точки квазіекстремуму вольт-амперної характеристики сонячного модуля d та q складові струму інвертора будуть забезпечувати напругу та потужність, яка зі сторони входу інвертора зніматиметься з сонячного модуля, а зі сторони виходу буде віддаватись в мережу. В мережах змінного струму частота сильно залежить від дотримання балансу активної потужності. Тому в якості регульованого критерію частоти можна вибрати непряме регулювання активної потужності. Активна потужність може перетворюватись в енергію іншого виду, тому в закон керування БМІН слід закладати не тільки потужність, яка видається (або споживається) в мережу, але й потужність, яка поступає з боку сонця на сонячний модуль.

З врахуванням вище сказаного автоматичні регулятори будуть функціонувати відповідно до ПІД-закону регулювання та описуються системою рівнянь:

$$\begin{cases} I_{q.зад} = k_P \cdot k_{в.осв} \cdot P_{осв} + k_P \cdot P_{зад} + k_u \cdot U_{DC} - k_i \cdot I_{DC}, \\ U_{rq} = k_{pq} \cdot \left(k_{rq.nід} \cdot \left(I_{q.зад} - I_q\right) + \frac{1}{T_{iq}} \cdot \int_0^t \left(I_{q.зад} - I_q\right) dt + T_{dq} \cdot \frac{d\left(I_{q.зад} - I_q\right)}{dt} \right) \\ I_{d.зад} = k_{n.i} \cdot \left(U_{зад} + U_{DC} \cdot k_{DC.nід} - U_s \cdot k_{s.nід}\right), \\ U_{rd} = k_{pd} \cdot \left(k_{rd.nід} \cdot \left(I_{d.зад} - I_d\right) + \frac{1}{T_{id}} \cdot \int_0^t \left(I_{d.зад} - I_d\right) dt + T_{dd} \frac{d\left(I_{d.зад} - I_d\right)}{dt} \right). \end{cases}, \quad (1)$$

де k_{pd} та k_{pq} – коефіцієнти підсилення регуляторів поздовжньої та поперечної складових струму інвертора відповідно; T_{id} та T_{iq} – постійні часу інтегрування регуляторів; T_{dd} – стала часу диференціювання каналу регулювання I_d; U_{rd} та U_{rq} – вихідні сигнали регуляторів поздовжньої та поперечної складових струму інвертора; k_P – коефіцієнт з розмірністю провідності для приведення потужності до відповідного значення струму; $k_{в.осв}$ – ваговий коефіцієнт підсилення значення потужності, що поступає на датчик освітлення; $P_{зад}$ – задане значення потужності сонячного модуля; k_u – коефіцієнт з розмірністю провідності для приведення напруги в каналі завдання регулятора до відповідного значення струму на вході вимірювального органу регулятора; U_{DC} – напруга на виході датчика напруги сонячного модуля; k_i – коефіцієнт нахилу регулювальної характеристики; I_{DC} – значення струму яке поступає на БОК з виходу датчика струму; $k_{rq.nід}$ – коефіцієнт підсилення П-складової вихідної напруги U_{rq}; $k_{n.i}$ – коефіцієнт приведення сигналу напруги до струму; $U_{зад}$ – задане значення напруги, яке повинен підтримувати сонячний модуль; U_{DC} – значення напруги на виході датчика напруги; $k_{DC.nід}$ – коефіцієнт підсилення напруги з виходу датчика напруги; U_s – середнє значення напруги мережі; $k_{s.nід}$ – коефіцієнт підсилення значення напруги мережі; $k_{rd.nід}$ – коефіцієнт підсилення П-складової напруги $\underline{U_{rd}}$.

Синтезований закон керування БМІН поєднує задачі утримання режиму роботи сонячного модуля в точці відбору максимальної потужності, що дозволяє збільшити його продуктивність, привести у відповідність баланс згенерованої сонячним модулем та спожитої електричної потужності в режимі реального часу.

Список літературних джерел:

1. Corzine K. A. Operation and design of multilevel inverters. – University of Missouri: Rolla,2005. – 79/